

ПОДАВЛЕНИЕ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ФОТОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ГАММА-ОБЛУЧЕННЫХ КРИСТАЛЛАХ NaCl

Е.В.Коровкин

Обнаружено уменьшение величины фотопластического эффекта под действием магнитного поля, и тем большее, чем больше величина поля и ниже температура.

Ранее было установлено^{1,2}, что за фотопластический эффект (ФПЭ) в γ -облученных ЩГК ответственно образование под действием света точечных дефектов, закрепляющих дислокации, — фотостопоров. Фотостопора образуются из незакрепляющих или слабо закрепляющих дислокации точечных дефектов при захвате ими электронов, выбрасываемых светом с F -центров или других центров окраски^{4,5}. Наблюдение ФПЭ и эффекта фотопластического последействия (ЭП), одного из проявлений ФПЭ³, при низких температурах (до 10К⁶, до 4,2К⁷ и 1,65К в данной работе) и их значительная величина (одного порядка, что и при комнатной температуре) указывают на то, что фотостопора образуются без сколь-нибудь значительной диффузии и агрегации точечных дефектов.

Таким образом, фотостопором является один из простых центров окраски. Наиболее перспективной гипотезой является предположение Надо⁸, что фотостопором является F' -центр.

Если дефект, являющийся материалом для создания фотостопора, имеет неспаренный электрон, то процесс захвата им фотоэлектрона может подавляться магнитным полем, если вероятность образования триплетного состояния меньше вероятности образования синглетного состояния. Преобразование $F - F'$ в ЩГК является таким процессом⁹. Отсюда ясно, что для идентификации центра окраски, ответственного за ФПЭ, полезно исследовать влияние магнитного поля на ФПЭ, что и явилось целью данной работы.

Для проведения эксперимента была создана приставка к машине "Инстрон", позволяющая деформировать кристаллы при $T = 1,65\text{К}$ в магнитном поле и освещать их F -светом лампой ДКСШ-200 при помощи оптической системы, состоящей из линзы, светофильтра СС-8,

зеркал и кварцевого световода. Образцы монокристаллического NaCl размером: $4 \times 8 \times 12 \text{ мм}^3$ готовились обычным способом⁷. Магнитное поле было направлено вдоль оси сжатия.

Для осуществления достаточно длительной пластической деформации при столь низкой температуре использовался метод подготовки образцов, описанный в⁷. Образец предварительно деформировался до $\sim 0,5\%$ при комнатной температуре, разгружался до $4,2\text{К}$ и вновь вдале деформировался. Чередуя несколько раз деформацию с разной скоростью (5 и 50 мкм/мин) и релаксацию удавалось уменьшить коэффициент упрочнения и увеличить пластичность образца. Затем образец вновь разгружался, охлаждался до $1,65 \pm 0,05\text{К}$ и вновь деформировался со скоростью 10 мкм/мин. Освещение образца светом на стадии пластического течения приводило к наблюдению ФПЭ или ЭП в зависимости от длительности освещения. После первых трех-четырех импульсов света коэффициент упрочнения уменьшаясь выходил на стационарный уровень, при этом стабилизировалась кинетика и величина ЭП при постоянной длительности и интенсивности импульсов света. На этом заканчивалась подготовка образца и производились измерения.

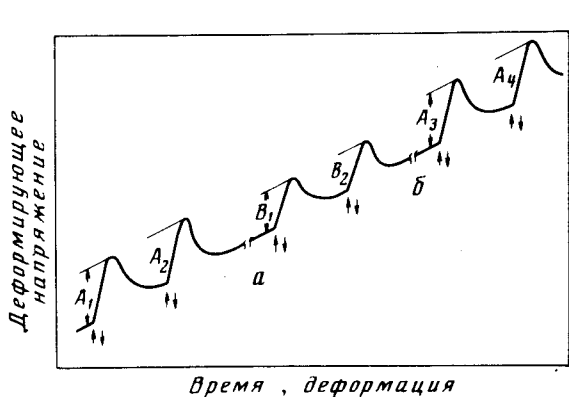


Рис.1

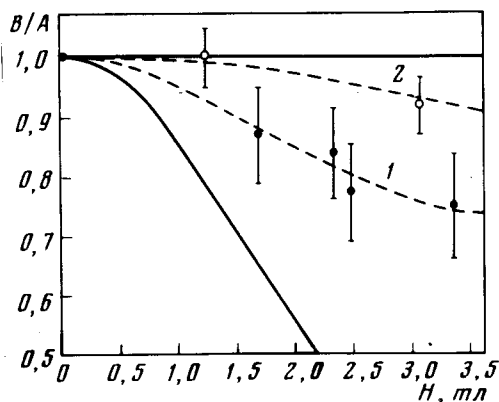


Рис.2

Рис. 1. Схема проведения эксперимента: стрелки вверх-вниз — импульс света, *a* — включение, *b* — выключение магнитного поля

Рис. 2. Зависимость ЭП от магнитного поля. Темные кружки — $T = 1,65\text{К}$, светлые кружки — $T = 4,2\text{К}$. Сплошная кривая — расчет для $T = 1,65\text{К}$, $\epsilon = 0$, $\beta = 0$, пунктирные кривые — расчет для $\alpha = 0,67$ и температуры: 1 — $1,65\text{К}$, 2 — $4,2\text{К}$

Измерялась зависимость ЭП от величины магнитного поля при постоянных интенсивности и длительности (3 – 10 с) импульсов света. Процедура измерений заключалась в следующем (рис. 1). Измерялась дважды величина ЭП при отсутствии поля (величины A_1 и A_2), затем включалось поле и измерялась величина ЭП при наличии поля (B_1 и B_2), затем снова при отсутствии поля (A_3 и A_4). Отношение величины $B = (B_1 + B_2) / 2$ к $A = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) / 4$ характеризовало влияние поля на ЭП. Разброс величин $A_1 - A_4$ и $B_1 - B_2$ определял точность измерений. Результаты приведены на рис. 2. Видно, что магнитное поле подавляет ЭП и тем сильнее, чем больше величина поля и ниже температура. Смена направления поля не влияла на результаты.

При постоянной длительности и интенсивности импульсов света величина ЭП зависит от скорости образования фотостопоров, т. е. вероятности захвата фотозлектрона. Если предположить, что количества ориентированных по и против поля H неспаренных электронов как источника (F -центры) так и приемника (будущие фотостопора, возможно тоже F -центры) фотозлектронов описываются выражениями: $n^- / n = 1 / [1 + \exp(-2\mu H / kT)]$ и $n^+ / n = \exp(-2\mu H / kT) / [1 + \exp(-2\mu H / kT)]$, где μ — магнетон Бора, вероятности обра-

зования триплетного состояния и потеря спиновой памяти равны нулю, то можно получить зависимость:

$$B/A = 4[\exp(-2\mu H/kT)]/[1 + \exp(-2\mu H/kT)]^2$$

представленную на рис. 2 для $T = 1,65\text{K}$ сплошной кривой. Видно, что эксперимент дает более слабую зависимость от поля, чем эта кривая.

Поляризация электронов источника описывается выражением: $p_F = \text{th}(\mu H/kT)$. Если предположить некоторую потерю спиновой памяти (характеризуется величиной ϵ), так что поляризация электронов, достигших приемника, будет меньше: $p_e = (1 - \epsilon)p_F$ ⁹) или некоторую вероятность образования триплетного состояния (характеризуется отношением β) вероятностей образования триплетного и синглетного состояний, то можно получить:

$$B/A = \frac{4[\exp(-2\mu H/kT)] + a[1 + \exp(-2\mu H/kT)]^2}{[1 + \exp(-2\mu H/kT)]^2},$$

где $a = \epsilon + 2\beta/(1 + \beta)$. При $a = 0,67$ получается зависимость B/A от поля, представленная на рис. 2 пунктирными кривыми (1) для $T = 1,65\text{K}$ и (2) для $T = 4,2\text{K}$ и хорошо согласующаяся с экспериментальными данными.

Из полученных результатов следует, что дефект, служащий материалом для фотостопора, имеет неспаренный электрон. Это является дополнительным аргументом в пользу предположения, что фотостопор — F' -центр. Однако для $F - F'$ преобразования в NaCl следовало бы ожидать по аналогии с KCl малые величины ϵ и β ($\epsilon \approx 0$, $\beta \approx 0$)⁹. Значительная величина этих параметров встречается в кристаллах NaJ и NaBr¹⁰, однако у них F - и F' -центры обладают некоторыми аномальными свойствами по сравнению с другими ШГК. В нашем случае эффект разыгрывается с участием только лишь F -центров, лежащих близко от дислокации⁷, а передача фотоэлектрона обеспечивается не через (или не только через) зону проводимости, а через дислокационный уровень^{6, 11}. Возможно эта особенность и является причиной большой величины указанных параметров.

Следует отметить, что из полученных экспериментальных данных нельзя установить какой из механизмов имеет место — потеря спиновой памяти, вероятность образования триплетного состояния или и то и другое в определенной пропорции. Для решения этой задачи по-видимому следует привлекать и разрабатывать другие методики.

Литература

1. Ермаков Г.А., Коровкин Е.В., Сойфер Я.М. ФТТ, 1974, 16, 697.
2. Ермаков Г.А., Коровкин Е.В., Сойфер Я.М. ФТТ, 1974, 16, 1756.
3. Коровкин Е.В. ФТТ, 1979, 21, 1785.
4. Ермаков Г.А., Коровкин Е.В., Сойфер Я.М. ФТТ, 1973, 15, 1911.
5. Коровкин Е.В. ФТТ, 1981, 23, 2486.
6. Ермаков Г.А., Надгорный Э.М. Письма в ЖЭТФ, 1971, 14, 45.
7. Коровкин Е.В. ФТТ, 1981, 23, 2545.
8. Nadeau J. J. Appl. Phys., 1964, 35, 669.
9. Porret F., Lüty F. Phys. Rev. Lett., 1971, 26, 843.
10. Baldaccini G., Gullerano G.P., Grassano U.M., Lüty F. В сб. Тезисов международной конференции "Дефекты в диэлектрических кристаллах", Рига, 1981, стр. 142.
11. Коровкин Е.В. ФТТ, 1982, 24, 524.